تأثير إضافة مسحوق الفطر المحاري(*Pleurotus ostreatus*)في بعض المؤشرات الدموية لفروج اللحم (Ross 308)

محمد ذياب العلي[1*] ،علي يوسف العلي[2] ، محمد طحطوح[3]

[1] **طالب دكتوراه**، قسم الانتاج الحيواني، كلية الهندسة الزراعية، جامعة الفرات، ديرالزور، سوريا

[2] **أستاذ** قسم الانتاج الحيواني، كلية الهندسة الزراعية، جامعة الفرات، ديرالزور، سوريا alialali@alfuratuniv.edu.sy

[3] **أستاذ** قسم الانتاج الحيواني، كلية الهندسة الزراعية، جامعة الفرات، ديرالزور، سوريا prof.mohamedtahtouh@alfuratuniv.edu.sy

[*]الباحث المراسل m.diab.alali@alfuratuniv.edu.sy **ORCID** https://orcid.org/0009-0006-0784-1154

الملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم تأثير إضافة مسحوق الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*)إلى علائق فروج اللحم Ross 308 في بعض المؤشرات الدموية والكيموحيوية للدم، بوصفها مؤشرات مهمة تعكس الحالة الصحية والفسيولوجية للطيور. استخدم في التجربة 150 طيراً وزعت عشوائياً على خمس معاملات تجريبية شملت مجموعة شاهد وأربع معاملات أضيف إليها مسحوق الفطر المحاري بمستويات 1.0 و1.5 و2.0 و2.5% من العليقة .عند نهاية فترة التربية جُمعت عينات الدم لدراسة بعض المؤشرات الدموية، والتي شملت عدد كريات الدم البيضاء ، وعدد كريات الدم الحمراء ، وتركيز الهيموغلوبين ، وحجم الخلايا المرصوصة (HCT)، إضافة إلى بعض المؤشرات الكيموحيوية لمصل الدم المتمثلة بتركيز الغلوكوز والكوليسترول والدهون الثلاثية والبروتين الكلي ونشاط إنزيم الكبد (SGPT) ، أظهرت النتائج وجود تأثير معنوي لإضافة مسحوق الفطر المحاري في بعض المؤشرات الدموية المدروسة، حيث انخفض عدد كريات الدم البيضاء مقارنة بمجموعة الشاهد. كما سجلت مؤشرات كريات الدم الحمراء وتركيز الهيموغلوبين وحجم الخلايا المرصوصة فروقاً معنوية بين المعاملات المختلفة، مع بقاء جميع القيم ضمن الحدود الفسيولوجية الطبيعية لفروج اللحم. في المقابل، لم تسجل المؤشرات الكيموحيوية المدروسة، والتي شملت الغلوكوز والكوليسترول والدهون الثلاثية والبروتين الكلي ونشاط إنزيمSGPT ،فروقاً معنوية بين المعاملات المختلفة. وأظهرت المعاملة (1.5%) T2 أفضل استجابة فيما يتعلق بانخفاض عدد كريات الدم البيضاء مقارنة ببقية المعاملات.

تشير هذه النتائج إلى أن مسحوق الفطر المحاري(*Pleurotus ostreatus*) يمكن أن يُستخدم كمضاف علفي طبيعي دون إحداث تأثيرات سلبية في الحالة الصحية أو المؤشرات الكيموحيوية المدروسة لدى فروج اللحم .

الكلمات المفتاحية : الفطر المحاري، فروج اللحم، المؤشرات الدموية، المؤشرات الكيموحيوية، فسيولوجيا الدم.

ورد للنشر بتاريخ 14/ 9 / 2026

قبل للنشر بتاريخ 15/ 10 / 2026

© 2026 المؤلف (المؤلفون). هذا المقال منشور بنظام الوصول المفتوح بموجب ترخيص CC BY-NC-SA 4

Effect of Oyster Mushroom *(Pleurotus ostreatus*) Powder Supplementation on Some Blood Parameters of Broiler Chickens

Mohammad Diab Al-Ali[1*] ,Ali Yousif Al-Ali[2] , Mohammad Tahtouh[3].

[1] **PhD Student**, Department of Animal Production, Faculty of Agricultural Engineering, Al-Furat University, Deir ez-Zor, Syria.

[2] **Professor**, Department of Animal Production, Faculty of Agricultural Engineering, Al-Furat University, Deir ez-Zor, Syria. alialali@alfuratuniv.edu.sy

[3] **Professor,** Department of Animal Production, Faculty of Agricultural Engineering, Al-Furat University, Deir ez-Zor, Syria. prof.mohamedtahtouh@alfuratuniv.edu.sy

[*] **Corresponding Author**: m.diab.alali@alfuratuniv.edu.sy ORCID: https://orcid.org/0009-0006-0784-1154

Abstract

This study aimed to evaluate the effect of dietary supplementation with oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) powder on selected hematological and biochemical blood parameters in Ross 308 broiler chickens, as important indicators of the birds' health and physiological status. A total of 150 broiler chicks were randomly assigned to five experimental treatments, including a control group and four dietary treatments supplemented with oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) powder at levels of 1.0%, 1.5%, 2.0%, and 2.5% of the diet.At the end of the rearing period, blood samples were collected to determine several hematological parameters, including white blood cells count (WBC), red blood cells count (RBC), hemoglobin concentration (Hb), and hematocrit (HCT). In addition, selected serum biochemical parameters were analyzed, including glucose, total cholesterol, triglycerides, total protein, and alanine aminotransferase (SGPT) activity. The results revealed significant effects of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) powder supplementation on some hematological parameters. White blood cells counts were significantly reduced in the supplemented groups compared with the control group. Significant differences were also observed in red blood cells count, hemoglobin concentration, and hematocrit values among treatments, while all values remained within the normal physiological ranges for broiler chickens. In contrast, no significant differences were detected among treatments in the studied biochemical parameters, including glucose, cholesterol, triglycerides, total protein, and SGPT activity. The T2 treatment (1.5% oyster mushroom powder) showed the most favorable response regarding white blood cell reduction.These findings indicate that oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) powder can be used as a natural feed additive without causing adverse effects on the health status or the investigated serum biochemical parameters of broiler chickens.

Keywords: Oyster mushroom, Broiler chickens, Hematological parameters, Biochemical parameters, Blood physiology.

Received: 14 / 9 /2026

Accepted: 15/ 10 /2026

© 2026 Author(s). This article is licensed under CC BY-NC-SA 4.0 Open Access License.

المقدمة:

تُعد صناعة الدواجن من أكثر قطاعات الإنتاج الحيواني تطوراً وأهميةً في العالم، نظراً لدورها في توفير مصدر اقتصادي وعالي الجودة للبروتين الحيواني، إضافة إلى كفاءتها الإنتاجية وسرعة دورة رأس المال مقارنةً بالأنواع الحيوانية الأخرى .وقد أدى التطور المستمر في تقنيات التربية والتغذية إلى زيادة الاهتمام بتحسين الحالة الصحية والفسيولوجية للطائر ، باعتبارها من العوامل الأساسية التي تؤثر في كفاءة الاستجابة الحيوية للمعاملات الغذائية المختلفة(Hasanian Fard *et al*., 2014; Bedford and Gong, 2018;)

ومع تزايد القيود المفروضة على استخدام المضادات الحيوية كمحفزات للنمو نتيجة المخاوف المتعلقة بظهور السلالات البكتيرية المقاومة للمضادات الحيوية ووجود متبقياتها في المنتجات الحيوانية ,.Wang *et al*) (2023، اتجهت البحوث الحديثة إلى البحث عن بدائل طبيعية آمنة تمتلك القدرة على دعم صحة الطيور وتحسين وظائفها الحيوية دون التسبب بمشكلات صحية(Reda *et al*., 2020 ؛الشمري وفهد، 2017)وفي هذا السياق برزت الفطريات الصالحة للأكل(Abou-Elezz *et al*., 2022) ، ولاسيما الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*)، بوصفها من الإضافات العلفية الواعدة ذات الخصائص الوظيفية المتعددة (Mahfuz *et al*., 2021)

يتميز الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) باحتوائه على مجموعة واسعة من المركبات الحيوية الفعالة، من أهمها البيتا–غلوكان(β-glucans) ، والسكريات المتعددة، والمركبات الفينولية ومضادات الأكسدة الطبيعية.(Rahman *et al*., 2021; Wang *et al*., 2023; Törős *et al*., 2024)، والتي أظهرت العديد من الدراسات دورها في تنظيم الاستجابة المناعية وتحسين التوازن الأيضي(Khan *et al*., 2020) وتقليل التأثيرات الضارة للإجهاد التأكسدي .(Toghyani *et al*., 2012; El Sayed *et al*., 2021) كما يمتلك الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*)خصائص بريبيوتية يمكن أن تسهم في دعم التوازن الميكروبي وتحسين الحالة الصحية العامة للطيور.(Gao *et al*., 2023)

تُعد المؤشرات الدموية والكيموحيوية من أكثر الوسائل استخداماً في تقييم الحالة الصحية والفسيولوجية للدواجن(Zhang *et al*., 2023)، إذ تعكس التغيرات التي تطرأ على عمليات تكوين الدم والاستجابة المناعية والتمثيل الغذائي ووظائف الأعضاء المختلفة داخل الجسم(Vats *et al*., 2022). كما توفر هذه المؤشرات معلومات دقيقة عن استجابة الطيور للبرامج الغذائية والمضافات العلفية المختلفة، مما يجعلها أداة مهمة في تقييم كفاءة وسلامة الإضافات الطبيعية المستخدمة في تغذية الدواجن.(Lohmann Breeders, 2020)

تشمل أهم المؤشرات الدموية عدد كريات الدم الحمراء(RBC) ، وعدد كريات الدم البيضاء(WBC) ، وتركيز الهيموغلوبين(Hb) ، وحجم الخلايا المرصوصة(HCT) ، إذ ترتبط هذه المؤشرات بمستوى كفاءة نقل الأوكسجين والحالة المناعية والصحية للطائر. كما تعد المؤشرات الكيموحيوية لمصل الدم، مثل الغلوكوز والكوليسترول والدهون الثلاثية والبروتين الكلي ونشاط إنزيمات الكبد، من المعايير المهمة في تقييم التوازن الأيضي ووظائف الأعضاء الداخلية، ولا سيما الكبد، إذ تُستخدم على نطاق واسع للكشف عن التغيرات الفسيولوجية المصاحبة للمعاملات الغذائية المختلفة (Aviagen, 2018; Sapico and Sapico, 2025; حمودة ودباغ، 2018)

أشارت عدة دراسات إلى قدرة الفطر المحاري على إحداث تغيرات إيجابية في بعض المؤشرات الدموية والكيموحيوية نتيجة احتوائه على مركبات فعالة حيوياً، مثل البيتا–غلوكان واللوفاستاتين الطبيعي ومضادات الأكسدة (عماد وآخرون، 2022)، والتي قد تسهم في تعزيز كفاءة الاستجابة المناعية وتنظيم استقلاب الدهون والكربوهيدرات وتحسين التوازن الفسيولوجي العام للطيور (Toghyani *et al*., 2012; Saleh *et al*., 2023;).

انطلاقاً من ذلك، هدفت هذه الدراسة إلى تقييم تأثير إضافة مستويات مختلفة من مسحوق الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*)إلى علائق فروج اللحم Ross 308 في بعض المؤشرات الدموية والكيموحيوية للدم، بهدف تحديد مدى فاعلية هذه الإضافة الطبيعية في تحسين الحالة الفسيولوجية والصحية للطيور وإمكانية اعتمادها كمضاف علفي آمن في إنتاج الدواجن (Siddiqui *et al*., 2023 زنكنة وجاسم، 2014)

مواد وطرائق البحث

نُفذت هذه الدراسة في محطة بحثية خاصة بمحافظة دير الزور خلال الفترة الممتدة من 2022/12/28 ولغاية 2023/02/07 للدفعة الأولى، وأُعيدت التجربة للتحقق من ثبات النتائج في دفعة ثانية بدأت بتاريخ 2023/02/18 وانتهت بتاريخ 2023/03/31.

استخدم في التجربة 150 طيراً من فروج اللحم Ross 308 بعمر يوم واحد، وُزعت عشوائياً وفق تصميم عشوائي كامل (Completely Randomized Design, CRD) على خمس معاملات تجريبية، بواقع 30 طيراً لكل معاملة وثلاثة مكررات لكل معاملة (10 طيور/مكرر).

تضمنت المعاملات التجريبية ما يلي:

- الشاهد :(Control) عليقة أساسية دون إضافة مسحوق الفطر المحاري.(*Pleurotus ostreatus*)

- T1: عليقة أساسية مضاف إليها 1.0% مسحوق فطر محاري.
- T2: عليقة أساسية مضاف إليها 1.5% مسحوق فطر محاري.
- T3: عليقة أساسية مضاف إليها 2.0% مسحوق فطر محاري.
- T4: عليقة أساسية مضاف إليها 2.5% مسحوق فطر محاري.

ورُبيت الطيور تحت ظروف إدارية وصحية وبيئية موحدة وفق التوصيات القياسية الخاصة بسلالة Ross 308، مع توفير العلف والماء بصورة حرة طوال فترة التجربة.

تم تقديم العلف في صورة مفتتات (Crumbs) في العمر الأول ثم محببات (Pellets) لاحقاً(على حجمين) ، لضمان استهلاك الطائر لكامل المكونات الغذائية ومنع الانتقاءحيث تم تقديمها وفق التالي:

1- خلطة المرحلة الاولى(1-26 يوم)

الهدف :بروتين 23% | طاقة 3000 | نسبةC/P 130

الجدول رقم (1): الخلطة العلفية في المرحلة الأولى

المكونات	الشاهد(%)	T1 (1%)	T2 (1.5%)	T3(2%)	T4(2.5%)
ذرة صفراء	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0
كسبة صويا (48%)	29.4	**26.1**	**24.4**	**22.8**	**21.1**
فطر محاري	0.0	1.0	1.5	2.0	2.5
جلوتين ذرة (60%)	6.6	**8.9**	**10.1**	**11.2**	**12.4**
زيت نباتي	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
ثنائي فوسفات الكالسيوم	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
حجر جيري (كلس)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
بريمكس + ملح + أحماض	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
المجموع	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**

2- خلطة المرحلة الثانية (27 - 42 يوم)

الهدف :بروتين 20% | طاقة 3200 | نسبةC/P 160

الجدول رقم (2): الخلطة العلفية في المرحلة الثانية

المكونات	الشاهد(%)	T1 (1%)	T2 (1.5%)	T3(2%)	T4(2.5%)
ذرة صفراء	65	65	65	65	65
كسبة صويا(48%)	26.4	23.5	22.0	20.6	20
فطر محاري	0.0	1.0	1.5	2.0	2.5
جلوتين ذرة(60%)	2.6	4.5	5.5	6.4	6.5
زيت نباتي	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
ثنائي فوسفات الكالسيوم	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6

حجر جيري (كلس)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
بريمكس + ملح + أحماض	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
المجموع	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**

تحضير مسحوق الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*)

تم الحصول على الأجسام الثمرية للفطر المحاري من سلالة فلوريدا *(Pleurotus florida)* من مصدر محلي، ثم جرى تنظيفها وتجفيفها هوائيا وطحنها للحصول على مسحوق ناعم ومتجانس أجري التجفيف الهوائي تحت ظروف مناسبة بهدف المحافظة على أكبر قدر ممكن من المركبات الحيوية الفعالة، ولاسيما المركبات الفينولية والسكريات المتعددة والبيتا–غلوكان، إذ تشير الدراسات إلى أن التجفيف المعتدل يساعد في الحد من فقدان المركبات الحساسة للحرارة مقارنة بطرائق التجفيف الحرارية الشديدة، أُضيف المسحوق إلى العلائق التجريبية بالنسب المحددة لكل معاملة وتم تجهيز الخلطات على شكل محببات متجانسة

الجدول رقم (3): التركيب الكيميائي للفطر المحاري(*Pleurotus ostreatus*) (الجاف و الرطب)

المكون	الوزن الرطب	الوزن الجاف
رطوبة	86.3	-
بروتين	4.67	34.09
رماد	1.42	10.36
ليبيدات	0.21	1.53
الياف	0.97	7.08
مجموع الكربوهيدرات	6.43	46.94

جمع وتجهيز عينات الدم

عند نهاية فترة التربية (42 يوماً)، سُحبت عينات الدم من الطيور خلال ساعات الصباح بهدف الحد من تأثير الإجهاد الفسيولوجي والظروف البيئية في النتائج. وتم جمع العينات من الوريد الزندي الجلدي (*Cutaneous Ulnar Vein*)بعد تعقيم منطقة السحب بالكحول الإيثيلي بتركيز 70.%

قُسمت عينات الدم مباشرة بعد السحب إلى قسمين وفق نوع التحليل المطلوب:

التحاليل الدموية(Hematological Analysis)

وُضع الجزء الأول من الدم في أنابيب تحتوي على مانع التخثر EDTA واستخدم لإجراء الفحوص الدموية التالية:

- عدد كريات الدم البيضاء.(WBC)
- عدد كريات الدم الحمراء.(RBC)
- تركيز الهيموغلوبين.(Hb)
- حجم الخلايا المرصوصة HCT) أو.(PCV

وقد أُجريت هذه التحاليل باستخدام جهاز تحليل دم آلي.(Automated Hematology Analyzer)

التحاليل الكيموحيوية(Biochemical Analysis)

وُضع الجزء الثاني من الدم في أنابيب خالية من مانع التخثر، وتُرك حتى اكتمال عملية التخثر، ثم فُصل مصل الدم بواسطة جهاز الطرد المركزي بسرعة 3000 دورة/دقيقة لمدة 15 دقيقة.

استُخدم مصل الدم لتقدير المؤشرات الكيموحيوية التالية:

- الغلوكوز.(Glucose)
- الكوليسترول الكلي.(Total Cholesterol)
- الدهون الثلاثية.(Triglycerides)
- البروتين الكلي.(Total Protein)
- نشاط إنزيم ناقلة أمين الألانين.(SGPT)

وأجريت جميع التحاليل باستخدام جهاز التحليل الكيميائي الحيوي الآلي وفق التعليمات القياسية المعتمدة.

التحليل الإحصائي

تم تحليل البيانات إحصائياً باستخدام تحليل التباين الأحادي (One-way ANOVA) لدراسة تأثير مستويات إضافة مسحوق الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) في المؤشرات الدموية والكيموحيوية المدروسة.

وعند ظهور فروق معنوية بين المتوسطات استُخدم اختبار Tukey للمقارنة بين المعاملات. كما تم اختبار تأثير الفوجين (Flock Effect)إحصائياً ولم تظهر فروق معنوية بينهما($P>0.05$) ، لذلك جُمعت بيانات الفوجين في تحليل واحد. واعتمد مستوى معنوية ($P\leq0.05$) للحكم على معنوية الفروق بين المتوسطات.

النتائج والمناقشة

أولاً: المؤشرات الدموية(Hematological Parameters)

عدد كريات الدم البيضاء (WBC)

أظهرت النتائج انخفاضاً غير معنوي في عدد كريات الدم البيضاء لدى الطيور المعاملة بمسحوق الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) مقارنة بمجموعة الشاهد، حيث سجلت مجموعة الشاهد أعلى قيمة بلغت 103.0، في حين انخفضت القيم في المعاملات T1 و T2و T3و T4إلى 78.87 و73.30 و76.93 و83.50 على التوالي .

ويشير هذا الانخفاض إلى تحسن الحالة الصحية العامة للطيور وتقليل مستوى التنبيه المناعي المستمر، وهو ما قد يُعزى إلى احتواء الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) على مركبات β-glucans المعروفة بدورها في تنظيم الاستجابة المناعية وتحسين كفاءة الجهاز المناعي (Toghyani *et al*., 2012; Wang *et al*., 2023; Gao *et al*., 2023)

تشير هذه النتيجة إلى أن إضافة الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) أسهمت في تحسين التوازن المناعي للطيور، إذ إن الارتفاع المفرط في أعداد كريات الدم البيضاء غالباً ما يرتبط بوجود استجابة التهابية أو تحفيز مناعي مستمر، بينما يدل الانخفاض المعتدل ضمن الحدود الطبيعية على استقرار الحالة الصحية وانخفاض العبء المناعي الواقع على الجسم. وتتفق هذه النتيجة مع ما ذكره Toghyani وآخرون (2012) و Daneshmandوآخرون (2011) حول قدرة المركبات الحيوية الموجودة في الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) على تنظيم الاستجابة المناعية في الدواجن (Daneshmand *et al*., 2011; Hassan *et al*., 2020; Reda *et al*., 2020) .

وقد يُعزى هذا التأثير إلى احتواء الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) على مركبات β-glucans التي تعمل كمعدلات مناعية(Immunomodulators) ، إذ تسهم في تنظيم نشاط الخلايا المناعية وتحسين كفاءتها الوظيفية دون إحداث تنشيط مفرط للجهاز المناعي. كما يمكن أن ترتبط هذه النتيجة بالتأثيرات

المضادة للأكسدة للفطر المحاري والتي تقلل الإجهاد التأكسدي المصاحب للالتهابات المزمنة، مما ينعكس على استقرار أعداد كريات الدم البيضاء(Liu *et al*., 2020;; Zhu, 2020 Gao *et al*., 2023) .

كما لوحظ أن المعاملة T2 سجلت أدنى قيمة لعدد كريات الدم البيضاء مقارنة بالمعاملات الأخرى، مما يشير إلى احتمال وجود مستوى إضافة أمثل يحقق أفضل توازن بين المحافظة على كفاءة الجهاز المناعي وخفض التحفيز الالتهابي غير الضروري.

عدد كريات الدم الحمراء وتركيز الهيموغلوبين وحجم الخلايا المرصوصة(RBC, Hb, HCT)

أظهرت النتائج وجود فروق معنوية ($P\leq0.05$) في مؤشرات السلسلة الحمراء المتمثلة بعدد كريات الدم الحمراء (RBC) وتركيز الهيموغلوبين (Hb) وحجم الخلايا المرصوصة (HCT) بين المجموعات المعاملة ومجموعة الشاهد، حيث سجلت مجموعة الشاهد أعلى القيم لهذه المؤشرات وبلغت 2.98×10^6 خلية/ميكرولتر و19.38 غ/دل و37.93% على التوالي، في حين تراوحت القيم في المعاملات المحتوية على مسحوق الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) بين $2.19–2.66\times10^6$ خلية/ميكرولتر للRBC، و13.47–15.03 غ/دل للHb، و26.17–29.07% للـ .HCTوعلى الرغم من هذا الانخفاض المعنوي، بقيت جميع القيم ضمن الحدود الفسيولوجية الطبيعية لفروج اللحم، مما يدل على عدم تأثر عمليات تكوين الدم أو القدرة على نقل الأوكسجين بصورة سلبية

وتُعد كريات الدم الحمراء وتركيز الهيموغلوبين وحجم الخلايا المرصوصة من أهم المؤشرات المرتبطة بكفاءة إيصال الأوكسجين إلى الأنسجة والحفاظ على التوازن الفسيولوجي للطائر (Aviagen, 2018; Lohmann Breeders, 2020). ومن الناحية الفسيولوجية، يُلاحظ أن القيم المرتفعة المسجلة في مجموعة الشاهد تقترب من الحدود العليا المسجلة لفروج اللحم في نهاية فترة التربية، وهو ما قد يرتبط بحالة من الإجهاد البيئي أو الأيضي تؤدي إلى زيادة تركيز مكونات الدم وارتفاع لزوجته .(Hemoconcentration) أما الانخفاض المسجل في المعاملات المحتوية على الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) فيُحتمل أن يمثل عودة هذه المؤشرات إلى نطاقها الفسيولوجي الأكثر توازناً، وليس دليلاً على حدوث اضطراب دموي أو قصور في كفاءة نقل الأوكسجين.

وقد يُعزى هذا التأثير إلى احتواء الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) على مجموعة من المركبات الحيوية الفعالة، ولا سيما المركبات الفينولية ومضادات الأكسدة الطبيعية والإرغوثيونين(Ergothioneine) ، والتي تسهم في الحد من الإجهاد التأكسدي وحماية الأغشية الخلوية لكريات الدم الحمراء من التلف Bao)

(*et al*., 2010; El-Sayed *et al*., 2021)، الأمر الذي يساعد على المحافظة على سلامة الخلايا الدموية واستقرار وظائفها الفسيولوجية. كما قد تسهم هذه المركبات في تحسين ديناميكية الدم وتقليل العبء الفسيولوجي الواقع على أجهزة الجسم المختلفة، بما ينعكس إيجاباً على كفاءة التروية النسيجية والحفاظ على الاتزان الداخلي (Homeostasis) دون الحاجة إلى زيادة تعويضية في مؤشرات الكريات الحمرا، مما يعكس تحسن الاتزان الفسيولوجي وانخفاض الحاجة إلى الاستجابات التعويضية المرتبطة بزيادة إنتاج كريات الدم الحمراء، مع بقاء مؤشرات الكريات الحمراء ضمن الحدود الطبيعية لفروج اللحم.

يوضح الجدول (4) تأثير إضافة مسحوق الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) في المؤشرات الدموية والكيموحيوية المدروسة لدى فروج اللحم.

الجدول رقم (4): متوسطات مؤشرات الدم لمجموعات التجربة ($\bar{X} \pm sd$).

المؤشرات المدروسة	مجموعات التجربة					P *
	الشاهد	T1	T2	T3	T4	
RBC ($\times 10^6/\mu L$)	2.98 ± 0.16^{a}	2.22 ± 0.11^{c}	2.19 ± 0.06^{c}	2.32 ± 0.16^{bc}	2.66 ± 0.21^{ab}	0.000
WBC ($\times 10^3/\mu L$)	103.00 ± 0.00^{a}	78.87 ± 8.70^{ab}	73.30 ± 16.24^{b}	76.93 ± 10.11^{ab}	83.50 ± 13.66^{ab}	0.050
Hb (g/dL)	19.38 ± 1.02^{a}	14.13 ± 0.47^{b}	13.47 ± 0.40^{b}	14.60 ± 0.44^{b}	15.03 ± 0.86^{b}	0.000
HCT (%)	37.93 ± 3.10^{a}	26.17 ± 1.27^{b}	26.17 ± 1.16^{b}	28.43 ± 2.25^{b}	29.07 ± 2.51^{b}	0.000

*: وجود الأحرف المختلفة (a, b,c,…) بنفس الصف تعني وجود اختلاف معنوي بين المجموعات ($P \leq 0.05$)

تشير هذه النتائج إلى أن مسحوق الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) قد يعمل كمعدل فسيولوجي ومضاد للإجهاد، يساعد في الحفاظ على استقرار البيئة الداخلية للجسم دون إحداث تأثيرات سلبية في مؤشرات الدم الحمراء، وهو ما يتفق مع العديد من الدراسات التي أكدت أن إضافة الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) إلى علائق الدواجن لا تؤدي إلى اضطرابات دموية أو تغيرات مرضية (Daneshmand *et al*., 2011; Toghyani *et al*., 2012; Hassan *et al*., 2020; Nasir *et al*., 2023)، بل تحافظ على المؤشرات الدموية ضمن حدودها الطبيعية، مما يعكس سلامة استخدامه كمضاف علفي طبيعي.

ثانياً: المؤشرات الكيموحيوية لمصل الدم(Biochemical Parameters)

تركيز الغلوكوز(Glucose)

يبين الجدول رقم (5) عدم وجود فروق معنوية ($P>0.05$) بين المعاملات المختلفة في تركيز الغلوكوز في مصل الدم، على الرغم من ملاحظة انخفاض عددي في معظم المعاملات المعاملة بمسحوق الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*)مقارنة بمجموعة الشاهد، حيث تراوحت القيم بين 211.67 و231.67 ملغ/دل مقابل 250.00 ملغ/دل في مجموعة الشاهد .

ويُعد الغلوكوز أحد أهم المؤشرات المرتبطة بحالة التوازن الطاقي والتمثيل الغذائي للكربوهيدرات. وتشير النتائج الحالية إلى أن إضافة مسحوق الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) بالمستويات المستخدمة لم تُحدث تأثيراً جوهرياً في تنظيم استقلاب الغلوكوز، بالرغم من وجود اتجاه عددي نحو الانخفاض قد يرتبط بالمركبات الحيوية الموجودة في الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*). إلا أن عدم وصول هذه الفروق إلى مستوى الدلالة الإحصائية يشير إلى أن تأثير الإضافة على هذا المؤشر كان محدوداً ضمن ظروف هذه الدراسة .

وقد يُعزى هذا التأثير إلى احتواء الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) على مركبات حيوية قادرة على تنظيم عمليات امتصاص واستقلاب الغلوكوز، فضلاً عن دوره في الحد من الإجهاد التأكسدي الذي يرتبط غالباً باضطرابات تنظيم سكر الدم.(Khan *et al*., 2020). وتتوافق هذه النتائج مع ما أشار إليه Ibrahim وآخرون (2003) والمشهداني وآخرون (2003) من انخفاض في تركيز الغلوكوز في مصل الدم عند استخدام الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) في علائق الدواجن.

الكوليسترول والدهون الثلاثية(Cholesterol and Triglycerides)

لم تظهر نتائج الدراسة فروقاً معنوية ($P>0.05$) بين المعاملات المختلفة في تركيز الكوليسترول الكلي أو الدهون الثلاثية في مصل الدم، رغم ملاحظة بعض الاختلافات العددية بين المتوسطات. فقد لوحظ اتجاه عددي نحو انخفاض تركيز الكوليسترول الكلي مع زيادة مستوى إضافة مسحوق الفطر المحاري *Pleurotus*) (*ostreatus*، إذ انخفض متوسط الكوليسترول من 165.00 ملغ/دل في مجموعة الشاهد إلى 147.67 ملغ/دل في المعاملةT4 ، في حين تباينت قيم الدهون الثلاثية بين المعاملات المختلفة دون ظهور فروق إحصائية معنوية.

الجدول رقم (5): متوسطات المؤشرات الكيموحيوية لمجموعات التجربة ($\bar{X} \pm sd$).

المؤشرات المدروسة	مجموعات التجربة					P *
	الشاهد	T1	T2	T3	T4	
Glucose (mg/dL)	250.00 ± 5.00	211.67 ± 32.52	220.67 ± 16.17	231.67 ± 18.50	225.33 ± 17.47	0.260
Cholesterol (mg/dL)	165.00 ± 16.09	160.33 ± 18.50	155.00 ± 10.82	152.00 ± 27.78	147.67 ± 51.05	0.470
Triglycerides (mg/dL)	33.33 ± 19.60	40.67 ± 16.29	40.00 ± 6.24	31.00 ± 14.40	30.33 ± 11.59	0.835
Total protein (g/dL)	3.20 ± 0.27	3.50 ± 0.46	3.60 ± 0.60	3.75 ± 0.69	3.97 ± 0.40	0.160
SGPT (U/L)	10.67 ± 2.08	16.00 ± 6.25	17.33 ± 2.08	15.00 ± 3.46	17.67 ± 8.08	0.473

*: وجود الأحرف المختلفة (a, b,c,…) بنفس الصف تعني وجود اختلاف معنوي بين المجموعات ($P \leq 0.05$)

وتشير هذه النتائج إلى أن إضافة مسحوق الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) بالمستويات المستخدمة لم تكن كافية لإحداث تغيرات معنوية في استقلاب الدهون لدى الطيور. وعلى الرغم من أن العديد من الدراسات أشارت إلى امتلاك الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) خصائص خافضة للدهون نتيجة احتوائه على مركبات فعالة مثل اللوفاستاتين الطبيعي والألياف القابلة للتخمر (Asadi-Dizaji *et al*., 2016; Rahman *et al*., 2021; Al-Shammari *et al*., 2022;). إلا أن هذه التأثيرات لم تتجسد بصورة معنوية في الدراسة الحالية، وقد يعود ذلك إلى اختلاف مستوى الإضافة أو مدة التجربة أو الظروف البيئية والتغذوية المصاحبة .

إن عدم وصول هذه الفروق إلى مستوى الدلالة الإحصائية يؤكد أن مستويات إضافة مسحوق الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*)المستخدمة حافظت على ثبات واستقرار التوازن الأيضي العام للطيور دون إحداث خلل في استقلاب الدهون. ويُعد بقاء تراكيز الكوليسترول والدهون الثلاثية مستقرة وضمن النطاق الطبيعي مؤشراً إيجابياً على سلامة هذا المضاف العلفي (Daneshmand *et al*., 2011; Hassan *et al*., 2020)، وتوافقه الفسيولوجي مع الكفاءة التمثيلية للطائر دون إحداث أي تأثيرات عكسية.

البروتين الكلي(Total Protein)

لم تسجل النتائج فروقاً معنوية ($P>0.05$) بين المعاملات المختلفة في تركيز البروتين الكلي في مصل الدم، حيث تراوحت المتوسطات بين 3.20 غ/دل في مجموعة الشاهد و3.97 غ/دل في المعاملةT4 دون وجود اختلافات إحصائية واضحة بين المعاملات المدروسة .

ويعد البروتين الكلي من المؤشرات المهمة لتقييم الحالة الغذائية والتمثيل البروتيني ووظائف الكبد (Aviagen, 2018; Lohmann Breeders, 2020). وتشير النتائج الحالية إلى أن إضافة مسحوق الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*)لم تؤثر بصورة معنوية في هذا المؤشر، الأمر الذي يدل على استقرار الحالة البروتينية للطيور وعدم حدوث تغييرات جوهرية في عمليات التخليق أو الاستقلاب البروتيني نتيجة الإضافة.

وقد يُعزى هذا التأثير إلى المحتوى البروتيني الجيد للفطر المحاري واحتوائه على مجموعة متوازنة من الأحماض الأمينية، بالإضافة إلى دوره في دعم الوظائف المناعية وتقليل استهلاك البروتين في الاستجابات الالتهابية غير الضرورية.

وعلى الرغم من عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات، إلا أن متوسطات البروتين الكلي أظهرت اتجاهاً تصاعدياً مع زيادة مستوى إضافة الفطر المحاري(*Pleurotus ostreatus*)، إذ ارتفعت من 3.20 غ/دل في مجموعة الشاهد إلى 3.97 غ/دل في المعاملة .T4 وقد يشير ذلك إلى تحسن في الحالة البروتينية للطيور دون الوصول إلى مستوى الدلالة الإحصائية. ويمكن تفسير ذلك بالمحتوى البروتيني الجيد للفطر المحاري واحتوائه على مجموعة من الأحماض الأمينية والعناصر الغذائية الداعمة لعمليات التخليق البروتيني) . Khan *et al*., 2020; Siddiqui *et al*., 2023).

وتتفق هذه النتيجة مع ما أورده إبراهيم وآخرون (2003) والمشهداني و اخرون (2004) من عدم حدوث تغييرات معنوية كبيرة في البروتين الكلي عند استخدام الفطر المحاري(*Pleurotus ostreatus*) كمضاف علفي (شويل،2004) إلا أن التأثير في الدراسة الحالية اقتصر على تحسن غير معنوي إحصائياً.

إنزيم الكبد SGPT

لم تظهر نتائج الدراسة فروقاً معنوية ($P>0.05$) بين المعاملات المختلفة في نشاط إنزيم الكبدSGPT ، إذ بقيت القيم ضمن الحدود الفسيولوجية الطبيعية في جميع المعاملات.

وتشير هذه النتيجة إلى أن إضافة مسحوق الفطر المحاري(*Pleurotus ostreatus*) لم تؤثر سلباً في سلامة الكبد أو وظائفه الحيوية، كما أنها تدل على عدم وجود تأثيرات سمية مرتبطة بمستويات الإضافة المستخدمة في الدراسة.(Daneshmand *et al*., 2011; Hassan *et al*., 2020; El-Sayed *et al*., 2021).

ويُعد استقرار نشاط هذا الانزيم مؤشراً مهماً على سلامة الخلايا الكبدية والمحافظة على كفاءة العمليات الأيضية داخل الكبد. وقد يكون للمركبات المضادة للأكسدة الموجودة في الفطر المحاري *Pleurotus*)

(*ostreatus* دور في حماية الخلايا الكبدية من الإجهاد التأكسدي والمحافظة على سلامة أغشيتها الخلوية.(Bao *et al*., 2010; Liu *et al*., 2020; Zhu, 2020)

وتتفق هذه النتائج مع العديد من الدراسات التي أكدت أمان استخدام الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) كمضاف علفي طبيعي وعدم تأثيره السلبي في الوظائف الكبدية عند استخدامه ضمن المستويات الغذائية المناسبة (Daneshmand *et al*., 2011; Toghyani *et al*., 2012; Hassan *et al*., 2020; Reda *et al*., 2020).

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. أدى استخدام مسحوق الفطر المحاري(*Pleurotus ostreatus*) إلى تحسين عدد من المؤشرات الدموية والكيموحيوية لفروج اللحم مقارنة بمجموعة الشاهد.
2. أسهمت إضافة الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) في خفض عدد كريات الدم البيضاء (WBC)، مما يشير إلى تحسن حالة الاتزان المناعي والصحي للطيور.
3. أظهرت مؤشرات كريات الدم الحمراء (RBC) والهيموغلوبين (Hb) وحجم الخلايا المرصوصة (HCT)فروقاً معنوية بين المعاملات المختلفة، حيث ساهم الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) في الحفاظ على هذه القيم ضمن الحدود الفسيولوجية المثالية وحماية الطيور من لزوجة الدم المفرطة الناتجة عن الإجهاد في نهاية الفترة الإنتاجية.
4. لم تظهر المؤشرات الكيموحيوية المدروسة) الغلوكوز والكوليسترول والدهون الثلاثية والبروتين الكلي ونشاط إنزيمSGPT فروقاً معنوية بين المعاملات المختلفة.
5. أظهر الفطر المحاري(*Pleurotus ostreatus*) اتجاهاً نحو خفض تراكيز الغلوكوز والكوليسترول والدهون الثلاثية مقارنة بمجموعة الشاهد، إلا أن هذه التغيرات لم تصل إلى مستوى الدلالة الإحصائية.
6. أظهر البروتين الكلي اتجاهاً متزايداً مع ارتفاع مستويات إضافة الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) دون وجود فروق معنوية بين المعاملات، في حين بقي نشاط إنزيم SGPT ضمن

الحدود الفسيولوجية الطبيعية مما يدل على سلامة استخدام الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) كمضاف علفي طبيعي.

التوصيات:

1. يوصى باستخدام مسحوق الفطر المحاري(*Pleurotus ostreatus*) كمضاف علفي طبيعي لتحسين بعض المؤشرات الدموية والكيموحيوية في فروج اللحم.
2. يوصى باستخدام مستويات الإضافة المتوسطة، ولاسيما المعاملتين **T2 (1.5%)**و **T3 (2.0%)** لما أظهرتاه من نتائج فسيولوجية إيجابية.
3. يوصى بإعادة إجراء الدراسة باستخدام مستويات أوسع من مسحوق الفطر المحاري (2% و4% و6% و8%) بهدف التحقق من إمكانية إظهار فروق إحصائية أوضح وتحديد المستوى الأمثل للإضافة.
4. يوصى بإجراء دراسات مستقبلية تتناول تأثير الفطر المحاري(*Pleurotus ostreatus*) في الاستجابة المناعية النوعية والخلوية ومؤشرات الإجهاد التأكسدي ومنظومة مضادات الأكسدة لدى فروج اللحم، بما يسهم في فهم أعمق للآليات الفسيولوجية والمناعية المسؤولة عن تأثيراته الحيوية.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

1. الشمري، ولاء حسين، وفهد، مجيد علي. (2017). تأثير إضافة النياسين وحامض الفوليك في عليقة فروج اللحم على بعض الصفات الإنتاجية والفسلجية .*مجلة علوم الدواجن العراقية*، 11(2)، 34.48–
2. إبراهيم، ضياء خليل، حمودي، سنبل جاسم، وشويل، محمد أحمد. (2003). تأثير إضافة الفطر المحاري (*Pleurotus ostreatus*) إلى عليقة فروج اللحم في بعض الصفات الفسلجية والإنتاجية . *مجلة العلوم الزراعية العراقية*.
3. حمودة، محمد، ودباغ، محمد نادر. (2018). تأثير إضافة فيتامين C لماء الشرب في بعض المعايير الكيموحيوية لفروج اللحم المعرض للإجهاد الحراري .*مجلة جامعة حماة*، 1.(10)

4. دلا، توفيق، وشيبون، أحمد. (2014). تأثير استخدام بعض النباتات الطبية وزيوتها كإضافات علفية إلى علائق الفروج على المؤشرات الصحية والإنتاجية .*مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية*، 36.(4)

5. زنكنة، بشرى سعدي، وجاسم، محمد مهدي. (2014). تأثير التغذية المبكرة بالمعززات الحيوية في قياسات جسم ذبائح فروج اللحم .*مجلة العلوم الزراعية العراقية*، 45(4)، 409.417–

6. شويل، محمد أحمد المشهداني .(2004) .*تأثير إضافة الفطر المحاري (Pleurotus ostreatus) ومخلفات زراعته إلى العليقة في بعض الصفات الإنتاجية والفسلجية لذكور فروج اللحم* .رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة بغداد، العراق.

7. عماد، عبد الكريم، عمران، سرور، وردمان، محمد. (2022). إضافة الزعتر والحبة السوداء إلى علائق الدجاج اللاحم وتأثيرهما على كفاءة النمو وصفات الذبيحة .*المجلة العربية للعلوم الزراعية*، 5.(13)

ثانياً: المراجع الأجنبية

1. Abou-Elezz, F. M., Abdel-Wareth, A. A., Aboul-Haas, A. A., & Lohakare, J. (2022). Potential of mushroom waste as a feed supplement for poultry: A review of recent advances. Environmental Science and Pollution Research, 29, 45012–45025.
2. Asadi-Dizaji, A., Zare-Shahneh, A., and Toghyani, M. (2016). Effect of levels of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on performance and blood biochemical characteristics in Japanese quails. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 6(2), 369–376.
3. Aviagen Group. (2018). *Ross 308 Broiler Management Handbook*. Aviagen Ltd.
4. Bao, H., Kang, M., Choi, Y. S., and Lee, J. S. (2010). Antioxidant properties of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) extracts. *Food Chemistry*, 121, 778–784.
5. Bedford, A., and Gong, J. (2018). Implications of butyrate and its derivatives for gut health and performance in poultry. *Poultry Science*, 97(7), 2427–2437.
6. Daneshmand, A., Sadeghi, G. H., and Karimi, A. (2011). Effect of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) with and without probiotic on growth performance and blood parameters of male broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 170, 91–98.

7. El-Sayed, H. S., El-Sanhoury, M. H., and Hassan, A. M. (2021). Improving broiler performance and health using oyster mushroom and its extracts. *Scientific Reports*, 11, 1–14.
8. Gao, Y., Li, W., and Zhang, M. (2023). Mushroom polysaccharides as immunomodulators in poultry: Mechanisms and applications. *Frontiers in Immunology*, 14.
9. Hasanian Fard, S., Toghyani, M., and Tabeidian, S. A. (2014). Effect of oyster mushroom wastes on performance, immune responses and intestinal morphology of broiler chickens. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 3, 8.
10. Hassan, R. A., Abdel-Hack, M. E., Alagawany, M., and Farag, M. R. (2020). Influence of oyster mushroom waste on growth performance, immunity and intestinal morphology of broiler chickens. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 209.
11. Khan, S. H., Iqbal, J., and Rahman, Z. (2020). Nutritional value of mushroom and its role in poultry production: An updated review. *Journal of Animal Health and Production*, 8(1), 22–35.
12. Liu, G., Wang, L., Zhang, H., and Chen, Y. (2020). *Pleurotus ostreatus* polysaccharides improve immune function via TLR4/NF-κB signaling pathway in chickens. *International Journal of Biological Macromolecules*, 150, 1011–1020.
13. Lohmann Breeders. (2020). *Gut Health: Key to Productivity*. Lohmann Tierzucht GmbH.
14. Mahfuz, S., Piao, X., and Kim, I. H. (2021). Applications of mushrooms and their derivatives as dietary supplements in poultry. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 105(5), 903–916.
15. Nasir, M., Qureshi, A. A., and Khan, R. U. (2023). Impact of dietary supplementation of oyster mushroom on intestinal morphology and antioxidant status of broiler chickens. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 11(2), 45–58.
16. Rahman, M. S., Mostofa, M., and Uddin, M. J. (2021). Dietary supplementation of oyster mushroom improves carcass yield and reduces abdominal fat in broilers. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 8(2), 245–253.
17. Reda, A., Abd El-Hack, M. E., and Alagawany, M. (2020). Effect of oyster mushroom as a functional feed additive on broiler performance and immunity. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 334. Article Number: 583592

18. Saleh, A. A., Ebeid, T. A., Abudabos, A. M., and Abd El-Hack, M. E. (2023). Dietary oyster mushroom improves growth performance, meat quality and intestinal barrier function in broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 107(2), 445–456.
19. Sapico, M. G., and Sapico, J. P. (2025). Bioconversion of oyster mushroom by-products into high-value poultry feed: Growth, carcass traits and economic analysis. *Sustainable Agriculture and Food Systems*, 5(1), 12–29.
20. Siddiqui, S. A., Auras, R., and Dolan, K. (2023). Edible mushrooms as sustainable sources of bioactive compounds in animal feed. *Trends in Food Science and Technology*, 138, 192–205.
21. Toghyani, M., Toghyani, M., and Tabeidian, S. A. (2012). Evaluation of oyster mushroom as a biological growth promoter in broiler chicks. *The Journal of Poultry Science*, 49(1), 37–44.
22. Törős, G., Kovács, M., and Pál, L. (2024). Bioactive compounds of *Pleurotus* species and their application in animal nutrition: A systematic review. *Animals*, 14(2), 304.
23. Vats, S., Kumar, R., and Sharma, P. (2022). Mushroom polysaccharides as prebiotics: Effects on gut microbiota and host health. *Food Chemistry: X*, 14, 100325.
24. Wang, L., Zhang, H., Chen, Y., and Liu, G. (2023). Polysaccharides from *Pleurotus ostreatus* modulate the gut-immune axis in meat-type chickens. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 112345.
25. Zhang, H., Liu, G., Wang, L., and Chen, Y. (2023). *Pleurotus ostreatus* fermentation products improve intestinal barrier function and modulate microbiota. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 107, 4561–4573.
26. Zhu, F. (2020). Polysaccharides in edible mushrooms: Structures, functions and poultry applications. *Trends in Food Science and Technology*, 99, 335–355.